



Ocena suszy meteorologicznej na terenach pogórniczych w rejonie Konina

Piotr Stachowski

Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

1. Wstęp

Opady atmosferyczne są procesem meteorologicznym najbardziej zmiennym w czasie i przestrzeni. Więcej opadów niż przeciętnie, występowało w Polsce najbardziej w drugiej połowie XII wieku oraz pierwszych połowach XVI i XVIII wieku. Natomiast najbardziej sucho niż przeciętnie było w drugiej połowie XIII wieku oraz w pierwszej połowie XIX wieku. W pozostałych okresach prawdopodobnie warunki zbliżone były do przeciętnych [8]. Susza w Polsce ma charakter anomalii atmosferycznej związanej z okresem bezopadowym lub powtarzającymi się opadami mniejszymi od średnich. Suszę należą do zjawisk atmosferycznych i hydrologicznych, które pojawiają się okresowo i w różnych porach roku. Jak wskazuje **Łabędzki i Leśny** [6] w 30-leciu 1976-2006 wystąpiły dotkliwe serie lat suchych w okresie 1982-84 i 1989-92, a ponadto susza atmosferyczna wystąpiła w roku 1976, 1994, 2000, 2002, 2003, 2005 i 2006r. W okresie 1951-2006 stwierdzono 30 susz atmosferycznych, których łączny czas trwania wyniósł 30% analizowanego okresu to jest 200 miesięcy. Ich częstości, czasu trwania i nasilenia nie można przewidzieć, a terminu wystąpienia nie sposób przewidzieć [5]. Aby móc skutecznie przeciwdziałać negatywnym skutkom susz i podejmować odpowiednie działania prewencyjne, należy dysponować odpowiednimi,

sprawdzonymi i wiarygodnymi wskaźnikami niedoboru opadu i intensywności suszy, przydatnymi w jej operacyjnym monitorowaniu [3]. Znaczna część wskaźników suszy, opisana w literaturze i stosowana przy monitorowaniu suszy w różnych regionach świata, opiera się na wielkości opadu atmosferycznego. Należy do nich wskaźnik standaryzowanego opadu (*Standardized Precipitation Indem, SPI*), zaproponowany przez **McKee i in** [7] i aktualnie jest stosowany do operacyjnego monitorowania suszy w USA przez Narodowe Centrum Zapobiegania Suszy. W Europie wykorzystywany jest m.in. na Węgrzech, we Włoszech, w Hiszpanii, jak również w Polsce na Kujawach. Podobnie, jak względny wskaźnik *RPI*, obliczanie wskaźnika *SPI* opiera się na wieloletnich ciągach opadu w określonym przedziale czasu.

Analiza przebiegu elementów meteorologicznych w okresie wegetacyjnym jest ważna z punktu widzenia rolnictwa, gdyż zalicza się je do istotnych czynników plonotwórczych. W tym celu należy badać również zmienność warunków termicznych i pluwiometrycznych w wieloleciu, opierając się na wybranych wskaźnikach, które je charakteryzują (sumy temperatur, wskaźnik hydrotermiczny Sielianiowa) [2]. Szczególnie ważne jest to na terenach pogórnicych, na których prowadzone są zabiegi rekultywacji i zagospodarowania rolniczego, gdzie występuje opadowo-retencyjny reżim wodny, w którym jedynym źródłem zaopatrzenia roślin w wodę są opady atmosferyczne. Zwierciadło wody gruntowej zalega bardzo głęboko i nie ma wpływu na uwilgotnienie wierzchnich warstw gruntów pogórnicych [10].

Celem pracy było określenie częstości występowania suszy meteorologicznej, o różnej intensywności, w okresach wegetacyjnych w wieloleciu (1966-2008), na podstawie względnego wskaźnika opadu (*RPI*), wskaźnika standaryzowanego opadu (*SPI*) i dodatkowo za pomocą standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego (KBW_s) w miesiącach wybranych, charakterystycznych okresach wegetacyjnych oraz porównanie tych wskaźników, jako kryteriów oceny suszy.

2. Materiał i metody badań

W pracy wykorzystano 43-letnie (1966-2008) ciągi danych meteorologicznych obejmujących wartości temperatury i wysokości opadów atmosferycznych w okresach wegetacyjnych (IV-IX). Dane pochodziły z:

- Stacji synoptycznej IMGW w Kole,
- Własnego posterunku opadowego w Pątnowie,
- Stacji meteorologicznej KBW Konin w Kleczewie od 2001 roku.

Stacja synoptyczna w Kole działa od 1945 roku, natomiast własny posterunek opadowy został założony na potrzeby własnych badań i obserwacji terenowych, na zwałowisku wewnętrznym odkrywki „Pątnów”. Od 2001 roku wykorzystano dane z automatycznej stacji meteorologicznej „Milas 500” fińskiej firmy „Vaisala”, działającej na potrzeby Kopalni Węgla Brunatnego „Konin”(rys.1).

Do oceny okresu suszy zastosowano obliczenia przy pomocy wskaźnika względnego opadu RPI, wyrażanego w procentach jako stosunek sumy opadu P w danym okresie do wartości średniej wieloletniej \bar{P} w tym samym okresie:

$$RPI = \frac{P}{\bar{P}} \cdot 100\%$$

Klasyfikacje okresów suszy na podstawie wyżej wymienionego wskaźnika przeprowadzono wg kryteriów **Kaczorowskiej** [4], (tab.1).

Tabela 1. Klasy suszy według wskaźnika względnego opadu RPI

Table1. Drought classes according to relative precipitation index RPI

Rodzaj okresu Type of period	RPI w – RPI in	
	Miesiącu, month	roku, kwartale, year, quarter
Ekstremalnie suchy	0÷24,9%	0÷49,9%
Bardzo suchy	25,0÷49,9%	50,0÷74,9%
Umiarkowanie suchy	50,0÷74,9%	75,0÷89,9%
Łagodna susza	75,0÷125,9%	90,0÷110,9%

Ze względu na niedobór opadu, ocenę suszy przeprowadzono na podstawie wartości SPI , według kryteriów stosowanych przez U.S. National Drought Mitigation Center, zmodyfikowanych przez **Bąka i Łabędzkiego** [3]:

$$SPI = \frac{f(P) - \mu}{\delta}$$

gdzie:

SPI – wskaźnik standaryzowanego opadu;

$f(P) = \sqrt[3]{P}$ – przekształcona suma opadów;

μ – średnia wartość znormalizowanego ciągu opadów;

δ – średnie odchylenie standardowe znormalizowanego ciągu opadów.

Tabela 2. Klasy suszy według wskaźnika standaryzowanego opadu SPI

Table 2. Drought classes according to standardised precipitation index SPI

Rodzaj okresu Type of period	SPI SPI in
Ekstremalnie suchy – extremely dry	$\leq -2,00$
Bardzo suchy – very dry	$-1,99 \div -1,50$
Umiarkowanie suchy – moderately dry	$-1,49 \div -0,49$
Łagodna susza – mild	$-0,49 \div 0,49$

Dokonano klasyfikacji suszy według czterech klas: ekstremalna, silna, umiarkowana, łagodna susza.

Do oceny warunków termicznych i pluwiometrycznych, w trzech wybranych do szczegółowej analizy okresach wegetacyjnych, zastosowano współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa w postaci:

$$k = \frac{P \cdot 10}{\sum t}$$

gdzie:

P – suma miesięczna opadów atmosferycznych w mm,

$\sum t$ – suma średnich dobowych temperatur powietrza > 0 °C.

Charakterystykę wilgotnościową miesięcy określono za **Skowerą i Pułą** [9] w zależności od wartości k :

- skrajnie suchy – $k \leq 0,4$
- bardzo suchy – $0,4 < k \leq 0,7$
- suchy – $0,7 < k \leq 1,0$
- dość suchy – $1,0 < k \leq 1,3$
- optymalny – $1,3 < k \leq 1,6$
- dość wilgotny – $1,6 < k \leq 2,0$

- wilgotny – $2,0 < k \leq 2,5$
- bardzo wilgotny – $2,5 < k \leq 3,0$
- skrajnie wilgotny – $k > 3,0$

Ocenę suszy meteorologicznej, na podstawie standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego (KBW_s), dokonano szczegółowo w wybranych trzech charakterystycznych okresach wegetacyjnych, wyznaczonych na podstawie krzywej prawdopodobieństwa wystąpienia opadów według metody decyli Dębskiego. Uwzględnia on zarówno wielkość opadu atmosferycznego, jak i meteorologiczne warunki parowania i dlatego nadaje się do monitorowania susz na terenach rolniczych [5].

- okres wegetacyjny suchy – 2008 roku,
- okres wegetacyjny normalny (średni) – 1998 roku,
- okres wegetacyjny mokry – 1996 roku,

Klimatyczny bilans wodny (KBW) obliczono jako różnicę między sumą opadów i sumą ewapotranspiracji wskaźnikowej w okresach miesięcznych:

$$KBW = P - ET_p,$$

gdzie:

P – opad atmosferyczny (mm),

ET_p – ewapotranspiracja wskaźnikowa, potencjalna (mm), obliczona ze wzoru Penmana-Monteitha [1].

Po sprawdzeniu, że klimatyczny bilans wodny można traktować jako zmienną losową o rozkładzie normalnym, wskaźnik ten poddano standaryzacji i obliczono standaryzowany klimatyczny bilans wodny (KBW_s), obliczony na podstawie równania:

$$KBW_s = \frac{KBW - \overline{KBW}}{d(KBW)}$$

gdzie:

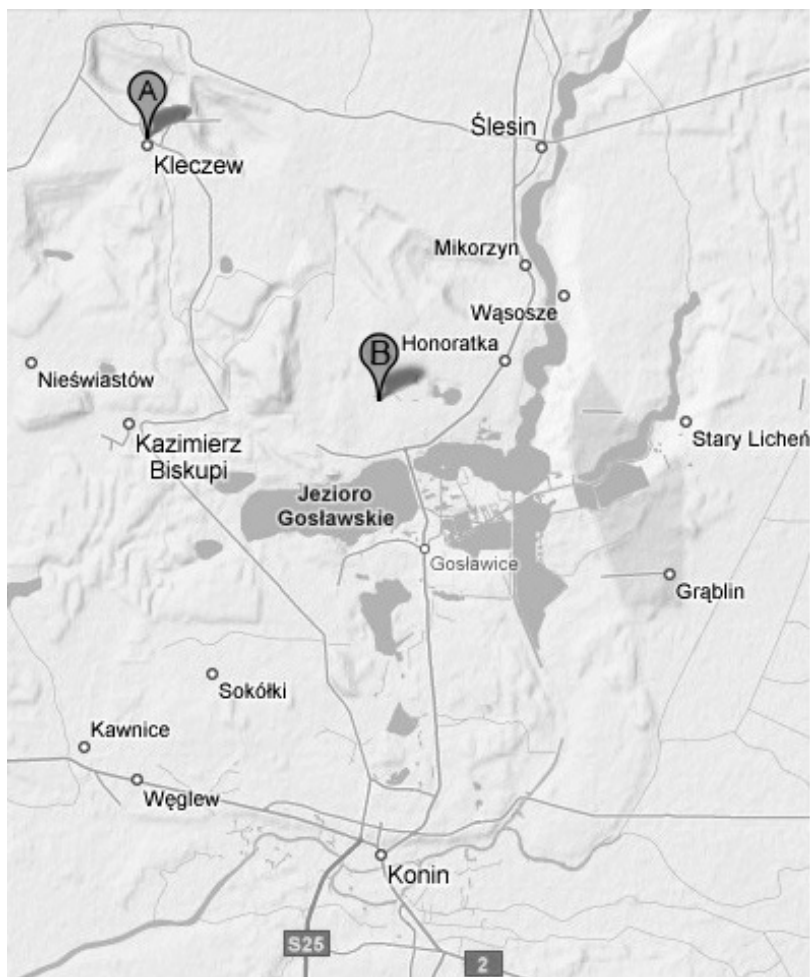
KBW – klimatyczny bilans wodny w okresie miesiąca w mm,

\overline{KBW} – średni wieloletni klimatyczny bilans wodny w mm,

$d(KBW)$ – odchylenie standardowe klimatycznego bilansu wodnego w mm.

2.1. Charakterystyka terenu badań

Średnia roczna temperatura powietrza na tym terenie wynosi $9,2^{\circ}\text{C}$. W półroczu letnim wynosi $15,9^{\circ}\text{C}$, natomiast w półroczu zimowym $2,5^{\circ}\text{C}$. W okresie wegetacyjnym średnia temperatura powietrza z wielolecia jest zbliżona do średniej w półroczu letnim.



Rys. 1. Lokalizacja posterunków opadowych w Kleczewie (A) oraz Pątnów (B) na terenach pogórnicych w okolicach Konina

Fig. 1. Location of rain gauges in Kleczew (A), in Pątnów (B) in the postmining areas in the Konin region

Tereny objęte oceną suszy zlokalizowane są: pierwszy w południowej części zwałowiska wewnętrznego odkrywki „Pątnów”, na którym prowadzone są zróżnicowane zabiegi rekultywacji i zagospodarowania rolniczego. Na obiekcie tym wydzielonych zostało 5 powierzchni doświadczalnych o zróżnicowanym rolniczym użytkowaniu gruntów: sukcesja naturalna, lucerna siewna, żyto ozime, ugór zielony i czarny ugór. Od roku hydrologicznego 1992/1993 prowadzone są na tych powierzchniach przez pracowników Katedry Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji UP w Poznaniu badania i obserwacje terenowe nad wpływem rekultywacji i wieloletniego użytkowania rolniczego na podstawowe właściwości fizyczne, chemiczne, biologiczne i wodne gleb powstających z gruntów pogórnicznych. Drugi obiekt badawczy położony jest na zwałowisku wewnętrznym odkrywki „Kazimierz Północ”. Po zakończeniu w 1998 roku rekultywacji technicznej, na zwałowisku przeprowadzono rekultywację rolniczą, a obecnie teren zagospodarowany jest rolniczo, na którym uprawia się: lucernę, pszenicę ozimą, rzepak oraz jęczmień jary.

3. Wyniki badań

3.1. Ocena suszy meteorologicznej

Klimat Niziny Wielkopolskiej wykazuje charakterystyki przejściowe pomiędzy klimatem morskim, a kontynentalnym. Wiąże się to z napływem na ten teren odpowiednich mas powietrza. Średnio rocznie w 75% napływa tu powietrze polarno-morskie znad północnego Atlantyku, odznaczające się stosunkowo dużą wilgotnością. Jego napływ zmniejsza dobowe amplitudy temperatur, często zwiększa zachmurzenie i przynosi opady. Masy powietrza polarno-kontynentalnego (7%) napływają ze wschodu i charakteryzują się małą wilgotnością. Masy powietrza arktycznego (16%) znad Europy Północnej napływają do nas przeważnie w zimie i przyczyniają się do formowania pogody bardzo zimnej. Powietrze zwrotnikowe (2%) wpływające znad Wysp Azorskich lub Małej Azji Półwyspu Bałkańskiego przynosi gwałtowne ocieplenia w zimie i w lecie.

Jak podaje **Woś** [11] w rejonie Konina można wyróżnić aż siedem okresów pogodowych, które rozpatrywane w okresie wieloletnim można określić mianem sezonów klimatycznych. W okresie wegetacyjnym są to:

- wiosna, która trwa od ostatnich dni marca do II dekady kwietnia (25 dni),
- późna wiosna (trwa 40 dni) od II dekady kwietnia do końca maja,
- lato (trwa 105 dni) od końca maja do II dekady września, z najliczniejszymi dniami ciepłymi, z pogodą pochmurną bez opadu, którego częstość pojawienia się określono na 40%. Około 27% wszystkich dni lata cechuje pogoda ciepła, z notowanym opadem. Większość dni w roku (210 dni) cechuje brak opadu, a z opadem w ciągu roku przeciętnie około 155 dni [11]. Średnia roczna suma opadów z wielolecia 1966-2008 wynosi 517 mm, na półrocze zimowe przypada 37% (190 mm) tej wartości. Średnia z wielolecia suma opadów w okresie wegetacyjnym wynosi 320 mm.

Jednym z elementów monitorowania suszy jest ocena jej intensywności. Nasilenie suszy oceniono na podstawie różnych kryteriów – wskaźników suszy. Przyjęte kryterium wpływa na wynik określania częstości okresów suchych. W pracy przeanalizowano ciąg 43 letnich (1966–2008) danych meteorologicznych dotyczących okresu wegetacyjnego (IV–IX), pochodzących z dwóch stacji pomiarowych zlokalizowanych w rejonie Konina (rys.1). Na ich podstawie obliczono wskaźnik standaryzowanego opadu (*SPI*) i wskaźnik względnego opadu (*RPI*). W zakresie ujemnych wartości tych wskaźników wyodrębniono cztery klasy suszy (tab. 1. i 2.).

Częstości występowania poszczególnych klas susz według wskaźników *RPI* oraz *SPI* z wielolecia 1966-2008 przedstawiono w tabeli 3, gdzie:

Klasa suszy – Drought class:

	Ekstremalna, sucha, extremely dry, symbol – (es)
	Bardzo sucha, very dry – (bs),
	Umiarkowanie sucha, moderately dry – (s),
	Łagodna susza, normalny okres, average – (p),

Tabela 3. Klasy suszy meteorologicznej w okresie wegetacyjnym w latach 1966-2008 według wskaźników *RPI* i *SPI*

Table 3. Meteorological drought classes in vegetation period in the years 1966-2008 according to *RPI* i *SPI* indices

lp.	Okres we- getacyjny (IV-IX)	Suma opadu P (mm)	<i>RPI</i> [%]	<i>SPI</i> [-]	Klasa suszy met. wg	
					<i>RPI</i>	<i>SPI</i>
1	1966	266	83,91	-0,55		
2	1967	393	123,97	0,93		
3	1968	291	91,8	-0,22		
4	1969	211	66,56	-1,34		
5	1970	395	124,61	0,95		
6	1971	313	98,74	0,05		
7	1972	341	107,57	0,37		
8	1973	271	85,49	-0,48		
9	1974	398	125,55	0,98		
10	1975	321	101,26	0,14		
11	1976	299	94,32	-0,12		
12	1977	358	112,93	0,56		
13	1978	350	110,41	0,47		
14	1979	235	74,13	-0,98		
15	1980	347	109,46	0,44		
16	1981	286	90,22	-0,29		
17	1982	190	59,94	-1,68		
18	1983	203	64,04	-1,47		
19	1984	331	104,42	0,26		
20	1985	411	129,65	1,11		
21	1986	246	77,6	-0,82		
22	1987	355	111,99	0,53		
23	1988	229	72,24	-1,07		
24	1989	166	52,37	-2,1		
25	1990	290	91,48	-0,24		
26	1991	358	112,93	0,56		
27	1992	210	66,25	-1,36		

Tabela 3. cd.

Table3. cont.

lp.	Okres we- getacyjny (IV-IX)	Suma opa- du P (mm)	<i>RPI</i> [%]	<i>SPI</i> [-]	Klasa suszy met. wg	
					<i>RPI</i>	<i>SPI</i>
28	1993	345	108,83	0,42		
29	1994	245	77,29	-0,84		
30	1995	364	114,83	0,63		
31	1996	603	190,22	2,79		
32	1997	428	135,02	1,28		
33	1998	318	100,32	0,11		
34	1999	340	107,26	0,36		
35	2000	413	130,28	1,13		
36	2001	444	140,06	1,44		
37	2002	419	132,18	1,19		
38	2003	235	74,13	-0,98		
39	2004	233	73,5	-1,01		
40	2005	259	81,7	-0,64		
41	2006	372	117,35	0,71		
42	2007	373	117,67	0,72		
43	2008	174	54,89	-1,96		

Na podstawie przedstawionych w tabeli 3 wskaźników suszy *RPI* i *SPI* można stwierdzić, iż największa susza meteorologiczna, w wieloleciu (1966–2008) na terenach pogórnicych w rejonie Konina, wystąpiła w okresie wegetacyjnym roku 2008, gdzie była ona ekstremalna (według wskaźnika *SPI*). Natomiast według wskaźnika *RPI* silna susza meteorologiczna wystąpiła również w okresach wegetacyjnych lat: 1969, 1979, 1982, 1983, 1988, 1989 1992, 2003, 2004 i 2008 roku. Ocena silnej suszy meteorologicznej znalazła potwierdzenie na podstawie wskaźnika *SPI*, tylko w okresach wegetacyjnych lat: 1982 i 2008, który uwzględnia niedobór opadów.

Wyraźnie większą częstość występowania okresów wegetacyjnych z silną suszą wykazał wskaźnik *RPI*, niż wskaźnik *SPI* (tab. 3). Różnice te mają przyczynę w sposobach zaliczania poszczególnych okresów do poszczególnych klas suszy. Kryteria Kaczorowskiej oparte na

wskaźniku *RPI* są łagodniejsze w ocenie okresów suszy i dlatego też częstość występowania okresów suchych badanych tym wskaźnikiem jest większa niż w przypadku wskaźnika *SPI*, który opiera się na ostrzejszych kryteriach zaliczania okresów niedoboru opadu do określonych klas susz. Według wskaźnika *SPI*, aby zakwalifikować dany okres wegetacyjny do odpowiedniej klasy suszy, niedobór opadu w tym okresie musi być większy. Następnie do oceny klas suszy wytypowano trzy okresy wegetacyjne, charakterystyczne dla wielolecia:

- okres wegetacyjny suchy – 2008, z sumą opadów 174 mm, niższą od średniej z wielolecia o 146 mm i prawdopodobieństwie wystąpienia 1%,
- okres wegetacyjny normalny (średni) – 1998, z sumą opadów wynoszącą 317mm,
- okres wegetacyjny mokry – 1996, z sumą opadów 602mm, wyższą od średniej z wielolecia o 282mm i o prawdopodobieństwie wystąpienia 99%.

Dla okresu wegetacyjnego 1996 roku, uznanego według sumy opadów (602 mm) jako mokry, w kwietniu określono suszę ekstremalną według wskaźnika *SPI*, natomiast wskaźnik *RPI* i *KBW_s* ten sam okres wskazały jako suszę umiarkowaną (tab.4). Wystąpienie suszy w tym czasie związane było z sumą opadów w półroczu zimowym roku hydrologicznego 1995/96, w którym suma opadów (105mm) była niższa od średniej z wielolecia o 85mm.

Zgodność obu wskaźników w ocenie klasy suszy, potwierdziła się w czerwcu, w którym pojawiła się susza umiarkowana. W pozostałych miesiącach nie zanotowano susz. W maju okresu wegetacyjnego normalnego 1998 roku, wskaźnik *RPI* określił suszę umiarkowaną, a wskaźnik *SPI* ten sam okres określił jako silną suszę (tab. 5). W czerwcu stwierdzono suszę ekstremalną (według wskaźnika *SPI*) oraz wystąpienie silnej suszy według wskaźnika *RPI*. Pojawienie się okresów suszy w tym czasie związane było z niższymi od średnich z wielolecia sumami opadów w tych miesiącach odpowiednio o 20mm (w maju) i 30 mm (w czerwcu). W pozostałych miesiącach nie wystąpiło zjawisko suszy.

Tabela 4. Klasy suszy meteorologicznej w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego 1996 roku

Table 4. Meteorological drought classes in individual months of vegetation period of 1996

Okres	Suma opadu w okresie [mm]	Klasa suszy meteorologicznej według wskaźników:		
		KBW _s	RPI	SPI
1.04-30.04	23			
1.05-31.05	141			
1.06-30.06	34			
1.07-31.07	211			
1.08-31.08	70			
1.09-30.09	124			

Tabela 5. Klasy suszy meteorologicznej w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego 1998 roku

Table 5. Meteorological drought classes in individual months of vegetation period of 1998

Okres	Suma opadu w okresie [mm]	Klasa suszy meteorologicznej według wskaźników:		
		KBW _s	RPI	SPI
1.04-30.04	68			
1.05-31.05	32			
1.06-30.06	23			
1.07-31.07	63			
1.08-31.08	51			
1.09-30.09	81			

W okresie wegetacyjnym suchym 2008 roku wskaźniki *RPI*, *SPI* i *KBW_s* nie wykazały zgodności między sobą. Susze ekstremalne według wskaźnika *SPI* wystąpiły w kwietniu, maju, sierpniu oraz wrześniu. Natomiast według wskaźników *RPI* i *KBW_s* silne susze wystąpiły w maju i sierpniu 2008 roku. Umiarkowana susza wystąpiła w lipcu według wskaźnika *SPI* (tab.6). Pojawienie się w tych miesiącach okresu wegetacyjnego 2008r. większej ilości susz ekstremalnych i bardzo silnych,

związane było z wystąpieniem niższych od średnich z wielolecia sum opadów w maju (o 35 mm), lipcu (o 48 mm), sierpniu (o 30 mm) oraz wrześniu o 29 mm. Natomiast średnia temperatura powietrza w tych miesiącach była wyższa od średniej z wielolecia odpowiednio o 1,0°C (maj), 2,9°C (lipiec), 1,9°C (sierpień).

Tabela 6. Klasy suszy meteorologicznej w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego 2008 roku

Table 6. Meteorological drought classes in individual months of vegetation period of 2008

Okres	Suma opadu w okresie [mm]	Klasa suszy meteorologicznej według wskaźników:		
		KBW _s	RPI	SPI
1.04-30.04	39			
1.05-31.05	16			
1.06-30.06	7			
1.07-31.07	29			
1.08-31.08	64			
1.09-30.09	19			

Szczegółowa analiza wartości wskaźników *RPI*, *SPI* i *KBW_s* w charakterystycznych okresach wegetacyjnych w wieloleciu 1966-2008 wykazała, że uwzględnienie meteorologicznych warunków parowania w postaci ewapotranspiracji potencjalnej, spowodowało w większości miesięcy i całych okresów wegetacyjnych złagodzenie oceny intensywności suszy według wskaźnika *KBW_s* w stosunku do wskaźników *RPI* i *SPI*. Nastąpiło przesunięcie okresów suszy do niższej klasy suszy. Zatem standaryzowany wskaźnik klimatycznego bilansu wodnego (*KBW_s*), uwzględniający obok opadu atmosferycznego również ewapotranspirację potencjalną, odzwierciedlający możliwości parowania wody w danym okresie, wnosi dodatkową informację o kształtowaniu się warunków wodnych danego obszaru.

Do szczegółowej oceny warunków termicznych i pluwiometrycznych w wybranych z wielolecia, charakterystycznych okresach wegetacyjnych lat 1996, 1998 i 2008, wykorzystano współczynnik hydrotermiczny Sielianiowa [9]. Na podstawie wartości współczynnika także

wyznaczono okresy suszy, za które w tym przypadku uważa się czas, gdy roślina zużywa na parowanie dwukrotnie większą ilość wody niż otrzymuje z opadów. Wyniki przeprowadzonych obliczeń umieszczono w tabelach 7,8 i 9. Według hydrotermicznego współczynnika Sieliani-nowa w okresie wegetacyjnym zaliczonym do mokrego pod względem sumy opadów 1996 roku, w kwietniu i sierpniu pojawiły się okresy z suszą, a czerwiec był bardzo suchy (tab.7).

Tabela 7. Charakterystyka wilgotnościowa miesięcy okresu wegetacyjnego 1996 r. w zależności od wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa

Table 7. Humidity characteristic of months of vegetation period of 1996 depending on the value of the Sielianinov hydrothermal coefficient

Okres period	Wartość współczynnika Sielianinowa (k) w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego 1996 r. Values of the Sielianinov hydrothermal coefficient (k) in the months of the vegetation period of 1996	Charakterystyka wilgotnościowa miesięcy wg Skowery i Puły w zależności od wartości k Humidity characteristic of the months according to Skowera and Puła depending on the value of k
1.04-30.04	0,9	suchy – dry
1.05-31.05	3,1	skrajnie wilgotny – very humid
1.06-30.06	0,6	bardzo suchy – very dry
1.07-31.07	4,0	skrajnie wilgotny – very humid
1.08-31.08	1,2	dość suchy – quite dry
1.09–30.09	3,9	skrajnie wilgotny – very humid

Związane to było z wystąpieniem sum opadów niższych od średnich z wielolecia w tych miesiącach odpowiednio o 10 mm, 20 mm i 10 mm (sierpień), a przede wszystkim wyższą od średniej z wielolecia temperaturą powietrza odpowiednio o 0,4°C, 0,6 i 0,8°C. Natomiast w pozostałych miesiącach tj. w maju, lipcu oraz wrześniu występowało skrajne uwilgotnienie gruntów pogórnicych, związane z wyższymi od średniej z wielolecia sumami opadów: w maju o 90 mm, w lipcu o 134 mm i w wrześniu o 76 mm.

W średnim okresie wegetacyjnym 1998 roku, tylko początek i koniec tego okresu charakteryzował się optymalnym uwilgotnieniem.

Natomiast niższe od średniej z wielolecia sumy opadów w pozostałych miesiącach okresu wegetacyjnego, odpowiednio o 20 mm (maj), 30 mm (czerwiec), 24 mm (lipiec) oraz 12 mm (sierpień) w połączeniu z wyższą od średniej temperaturą powietrza, o 1,2 °C (maj), 0,6°C (czerwiec) oraz 1,0°C, spowodowały pojawienie się okresów suszy (tab. 8).

Wybrany do analizy okres wegetacyjny (IV-IX) 2008 roku, z sumą opadów 174 mm, niższą od średniej z wielolecia o 146 mm, można zaliczyć do suchego i ciepłego, gdyż temperatura powietrza była wyższa o 0,9°C od średniej z wielolecia.

Tabela 8. Charakterystyka wilgotnościowa miesięcy okresu wegetacyjnego 1998 r. w zależności od wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa

Table 8. Humidity characteristic of months of vegetation period of 1998 depending on the value of the Sielianinov hydrothermal coefficient

Okres, period	Wartość współczynnika Sielianinowa (<i>k</i>) w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego 1998 r. Values of the Sielianinov hydrothermal coefficient (<i>k</i>) in the months of the vegetation period of 1998	Charakterystyka wilgotnościowa miesięcy wg Skowery i Puły w zależności od wartości <i>k</i> Humidity characteristic of the months according to Skowera and Puła depending on the value of <i>k</i>
1.04-30.04	2,2	wilgotny – humid
1.05-31.05	0,7	bardzo suchy – very dry
1.06-30.06	0,4	skrajnie suchy – very dry
1.07-31.07	1,2	dość suchy – quite dry
1.08-31.08	1,0	suchy – dry
1.09-30.09	2,0	dość wilgotny – quite humid

Wystąpienie susz w tym okresie związane było z niższymi od średnich z wielolecia sumami opadów w maju (o 35 mm), czerwcu (o 46 mm) i lipcu (o 48 mm), oraz wyższymi od średniej z wielolecia temperaturami powietrza w tych miesiącach odpowiednio o 1,0°C i 2,9°C i 1,9°C. Również na końcu analizowanego okresu w rezultacie niższej sumy opadów we wrześniu (o 29mm), stwierdzono przesuszenie wierzchniej warstwy gruntów pogórnicznych (tab. 9).

Tabela 9. Charakterystyka wilgotnościowa miesięcy okresu wegetacyjnego 2008 r. w zależności od wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa

Table 9. Humidity characteristic of months of vegetation period of 2008 depending on the value of the Sielianinov hydrothermal coefficient

Okres period	Wartość współczynnika Sielianinowa (k) w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego 2008 r. Values of the Sielianinov hydrothermal coefficient (k) in the months of the vegetation period of 2008	Charakterystyka wilgotnościowa miesięcy wg Skowery i Puły w zależności od wartości k Humidity characteristic of the months according to Skowera and Puła depending on the value of k
1.04-30.04	0,9	suchy – dry
1.05-31.05	0,4	skrajnie suchy – very dry
1.06-30.06	1,1	dość suchy – quite dry
1.07-31.07	0,2	suchy – dry
1.08-31.08	0,3	suchy – dry
1.09-30.09	0,4	suchy – dry

Przeprowadzona szczegółowa analiza warunków termicznych i pluwiometrycznych według współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa w wybranych, charakterystycznych okresach wegetacyjnych potwierdziła, że uwilgotnienie wierzchnich warstw gruntów pogórnicych kształtowane było przede wszystkim pod wpływem przebiegu warunków meteorologicznych a w szczególności rozkładu i wysokości opadów atmosferycznych. Również wysokość temperatur powietrza wpłynęła na wystąpienie suszy w poszczególnych miesiącach wybranych okresów wegetacyjnych. Analiza wykazała także, że żaden miesiąc w tych okresach wegetacyjnych nie należał do klasy miesięcy optymalnych ($1,3 \leq k \leq 1,6$). Wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa pozwoliły znaleźć potwierdzenie wystąpienia susz w charakterystycznych okresach w badanym wieloleciu.

Kryteria Kaczorowskiej oparte na wskaźniku *RPI* są łagodniejsze w ocenie okresów suszy i dlatego też częstość występowania okresów suchych badanych tym wskaźnikiem jest większa niż w przypadku wskaźnika *SPI*, który opiera się na ostrzejszych kryteriach zaliczania

okresów niedoboru opadu do określonych klas susz. Niedobór opadu musi być większy, aby zakwalifikować go do odpowiedniej klasy suszy według wskaźnika *SPI*.

Szczegółowa analiza wartości wskaźników *RPI*, *SPI* i *KBW_s* w charakterystycznych okresach wegetacyjnych w wieloleciu 1966-2008 wykazała, że uwzględnienie meteorologicznych warunków parowania w postaci ewapotranspiracji potencjalnej, spowodowało w większości miesięcy i całych okresów wegetacyjnych złagodzenie oceny intensywności suszy według wskaźnika *KBW_s* w stosunku do wskaźników *RPI* i *SPI*, wykorzystujących tylko opad atmosferyczny. Nastąpiło przesunięcie okresów suszy do niższej klasy suszy. Zatem standaryzowany wskaźnik klimatycznego bilansu wodnego (*KBW_s*), uwzględniający obok opadu atmosferycznego również ewapotranspirację potencjalną, odzwierciedlający możliwości parowania wody w danym okresie, wnosi dodatkową informację o kształtowaniu się warunków wodnych danego obszaru. Wskaźnik klimatycznego bilansu wodnego (*KBW_s*), w zależności od wielkości ewapotranspiracji potencjalnej (wskaźnikowej), może łagodzić ocenę suszy bądź ją zaostrzyć, w stosunku do wskaźników opartych tylko na opadzie (*RPI* i *SPI*).

4. Podsumowanie

Na podstawie ciągów opadowych w okresach wegetacyjnych lat od 1966 do 2008 roku w rejonie Konina, wyznaczono klasy suszy, posługując się trzema wskaźnikami suszy. Do oceny okresu suszy wybrano wskaźnik względnego opadu *RPI*, wskaźnik standaryzowanego opadu *SPI*, oraz standaryzowany klimatyczny bilans wodny *KBW_s*. W zakresie ujemnych wartości tych wskaźników wyodrębniono cztery klasy susz: łagodna, umiarkowana, silna i ekstremalna. Do szczegółowej analizy okresów suszy wybranych z wielolecia, charakterystycznych okresów wegetacyjnych korzystano również ze współczynnika hydrotermicznego Sielianiowa.

Na podstawie przedstawionych wskaźników suszy *RPI* i *SPI* można stwierdzić, iż największa ekstremalna (według wskaźnika *SPI*) susza meteorologiczna, w analizowanym wieloleciu na terenach pogórnicych w rejonie Konina, wystąpiła w okresie wegetacyjnym roku 1989. Natomiast według wskaźnika *RPI* silna susza meteorologiczna wystąpiła rów-

niez w okresach wegetacyjnych lat: 1969, 1979, 1982, 1983, 1988, 1989, 1992, 2003, 2004 i 2008 roku. Silna susza meteorologiczna znalazła potwierdzenie na podstawie wskaźnika *SPI* tylko w okresach wegetacyjnych lat: 1982 i 2008, który uwzględnia niedobór opadów. Wyraźnie większą częstość występowania okresów wegetacyjnych z silną suszą wykazał wskaźnik *RPI*, niż wskaźnik *SPI*. Różnice te mają przyczynę w sposobach zaliczania poszczególnych okresów do poszczególnych klas suszy.

Jak wykazał współczynnik Sielianinowa, ani jeden miesiąc w trzech analizowanych, charakterystycznych okresach wegetacyjnych nie należał do klasy miesięcy optymalnych ($1,3 \leq k \leq 1,6$). Otrzymane wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa potwierdziły występowanie susz w charakterystycznych okresach w analizowanym wieloleciu.

Wyniki badań wykazały, że wskaźniki opadu względny i standaryzowany (*RPI* i *SPI*) są przydatne do monitorowania suszy atmosferycznej, natomiast w przypadku suszy rolniczej bardziej wiarygodne wyniki oceny jej intensywności daje zastosowanie standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego (*KBW_s*), gdyż wskaźnik ten uwzględnia meteorologiczne warunki ewapotranspiracji.

Literatura

1. **Allen R., Jensen M.E., Wright J., Burman R. D.:** *Operational estimates of reference evapotranspiration*. Agron. J., 81, 650-662, 1989.
2. **Bartoszek K., Banasiewicz I.:** *Agrometeorologiczny charakterystyka okresu wegetacyjnego 2005 w rejonie Lublina na tle wielolecia 1951-2005*, Acta Agrophysica, nr 9 (2) 275-283, Lublin 2007.
3. **Bąk B., Łabędzki L.:** *Standaryzowany klimatyczny bilans wodny jako wskaźnik suszy*, Acta Agrophysica, nr 3 (1) 117-124, Lublin 2004.
4. **Kaczorowska Z.:** *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim*. Polska Akademia Nauk. Instytut Geografii. Prace Geograficzne, nr 33., Warszawa ss109, 1962.
5. **Kanecka-Geszke E., Smarzyńska K.:** *Ocena suszy meteorologicznej w wybranych rejonach agroklimatycznych Polski przy użyciu różnych wskaźników*, Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus, nr 6 (2) 41-50, Kraków 2007.
6. **Łabędzki L., Leśny J.:** *Skutki suszy w rolnictwie obecnie i przewidywane w związku z globalnymi zmianami klimatycznymi*. Wiad. Mel. i Łąk. Nr 1: 7-9, 2008,

7. **McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J.:** *The relationship of drought frequency and duration to time scales.* Proc. of the 8th Conference of Applied Climatology, 17-22 January 1993, Anaheim, California, s. 179-184. 1993.
8. **Przybylak R.:** *Zmiany klimatu Polski i Europy w ostatnich stuleciach.* Kosmos 57:3-4s. 195-208, 2008,
9. **Skowera B., Puła J.:** *Skrajne warunki pluwiotermiczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971-2000,* Acta Agrophysica, nr 3 (1): 171-177, Lublin 2004.
10. **Szafrański Cz., Stachowski P.:** *Zmiany zapasów wody w wierzchnich warstwach rekultywowanych rolniczo gruntów pogórnicych.* Roczn. AR Pozn. 294, Melior. Inż. Środ. 19, cz. 2, s. 211-221. 1998.
11. **Woś A.:** *Stosunki mikroklimatyczne w rejonie Konina w świetle częstości występowania różnych typów pogody.* Roczn. AR Pozn. CCCXVII, Rolnictwo 56: 35-51, 2000.

Assessment of Meteorological Droughts on the Postmining Areas in the Konin Region

Abstract

Assessing drought severity is an element of drought monitoring. The severity of drought may be assessed by using various indices as drought criteria. The choice of the criterion affects the result of determining the frequency of dry periods in a given severity class. An analysis of 43-year-long (1966-2008) meteorological records concerning vegetation periods (April-September) and coming from two meteorological stations located in Konin region was used to calculate the relative precipitation index (*RPI*), and the standardized precipitation index (*SPI*). Based upon the mentioned above indicators classification of drought identifies four classes of drought: no drought, moderate, strong and extreme. Using *RPI*, the number of vegetation periods with strong drought appeared to be greater compared to *SPI*. These differences are caused by the classification of different periods to four classes of drought.

In three separate analysis of vegetation periods (1996, 1998 and 2008) the characteristics of the pluviotermic conditions were established by the Sielianinov coefficient, the indexes mentioned above and using the standardized climatic water balance *KBWs*. The detailed analysis of the indexes *RPI*, *SPI* and *KBWs* during characteristic vegetation periods for the years 1966-2008 showed less drought severity using *KBWs* in comparison with *RPI* and *SPI*. Drought periods were shifted to a lower drought class. Therefore the standardized climatic water balance *KBWs* shows the possibilities of water evaporation during

particular periods and informs additionally about the forming of water conditions in this area.

Sielianinow coefficient shows that, no month in three analyzed characteristic vegetation periods did not belong to class of optimal months ($1.3 \leq k \leq 1.6$). Obtained values of Sielianinow hydrothermal coefficient confirmed occurrence of droughts in the typical periods of analyzed multi-year.

The analysis confirmed that the relative precipitation index and the standardized precipitation index are useful to monitoring the meteorological drought. However in the case of agriculture drought, it is more reliable to assess its severity by using the standardized climatic water balance because this index takes into consideration the meteorological conditions of evapotranspiration.